

Warszawa, 4 maja 2020

Recenzja
w postępowaniu habilitacyjnym
dr. inż. Macieja Zawidzkiego

*Zastosowania metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji architektonicznych
Systemów Ekstremalnie Modularnych*

Badania naukowe dr. inż. Macieja Zawidzkiego (po 2010 roku, czyli po uzyskaniu doktoratu) dotyczą problemów projektowania architektonicznego i urbanistycznego; równocześnie stanowią kontynuację pewnej wizji przedstawionej w rozprawie doktorskiej. Rozprawa doktorska wprowadzała bowiem system kratownicowo-ramowy *Truss-Z*, składający się z jednego rodzaju modułu (i jego lustrzanego odbicia) który umożliwiał tworzenie pochylni o stałym kącie nachylenia i dowolnym kształcie. System *Truss-Z* w kolejnych latach został rozszerzony o szereg narzędzi informatycznych oraz o kilka dodatkowych jedno-modułowych systemów, które umożliwiały konstruowanie bardziej skomplikowanych struktur.

Ten typ koncepcji konstrukcyjnych został nazwany *Systemami Ekstremalnie Modularnymi* (w skrócie EMS – od ang. *Extremely Modular System*). Oprócz niewątpliwych zalet tych systemów (np. zalety ekonomiczne czy funkcjonalne), EMSy mają również zasadniczą wadę: są nieintuicyjne, innymi słowy są trudne do manualnego (bezpośredniego) konfigurowania. Liczba wszystkich możliwych kombinacji modułów danego typu rośnie wykładniczo wraz z rosnącą liczbą modułów i dla realistycznych przypadków wybór najlepszego rozwiązania spośród wszystkich jest niemożliwy. Aby móc wykorzystywać EMSy w sposób celowy i racjonalny, dr. inż. Maciej Zawidzki sformułował problem jako problem optymalizacyjny oraz wykorzystał nowoczesne metody heurystyczne do jego rozwiązania, a do ich efektywnej realizacji – metody informatyczne. To podejście zostało zaprezentowane w monografii jego autorstwa: *Discrete Optimization in Architecture – Extremely Modular Systems*, SpringerBriefs in Architectural Design and Technology, Springer Singapore (2017).

I. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe dr. inż. Macieja Zawidzkiego składa się z cyklu siedmiu publikacji; poniżej zamieszczam ich krótkie omówienia wraz z całościową ich oceną.

#1. M. Zawidzki, K. Nishinari, 2012, *Modular Truss-Z system for self-supporting skeletal free-form pedestrian networks*, *Advances in Engineering Software* 47(1), pp. 147-159.

Praca dotyczy konfliktu między modularnością a dowolnością formy architektonicznej. Autor wprowadza system *Truss-Z*, który jest ekstremalnie modularny, ale oferuje też dowolność kształtowania formy. Praca przedstawia formalny opis proponowanego

modułu i poddaje go wstępnej analizie statystycznej jak również opisuje jego cechy topologiczne. Praca przedstawia dwa różne algorytmy do automatycznego tworzenia jedno-gałęziowych konstrukcji: pierwszy algorytm poprzez dopasowanie całej struktury do zadanej ścieżki w przestrzeni, a drugi algorytm uwzględnia przeszkody (i potencjalne kolizje).

#2. M. Zawidzki, K. Nishinari, 2013, *Application of evolutionary algorithms for optimum layout of Truss-Z linkage in an environment with obstacles*, Advances in Engineering Software 65, pp. 43-59.

Kolejna praca eksperymentuje z zastosowaniem metaheurystyk (w szczególności: algorytm ewolucyjny) do wielokryterialnej funkcji celu, która uwzględnia liczbę modułów, odległość ostatniego modułu od zadanego terminalu oraz kolizję konstrukcji z elementami otoczenia. W pracy zaproponowano również operacje mutacji i krzyżowania, i zaimplementowano dwa typy algorytmów ewolucyjnych: *strategie ewolucyjne* oraz *algorytm genetyczny*. Skuteczność i ogólność metod sprawdzono na kilku przykładach.

#3. M. Zawidzki, 2015, *Retrofitting of pedestrian overpass by Truss-Z modular systems using graph-theory approach*, Advances in Engineering Software 81, pp. 41-49.

Następna praca wprowadza alternatywne sformułowanie zagadnienia tworzenia konstrukcji modularnej przy użyciu metod grafowych, mianowicie jako tzw. *ścieżki*; motywem tego podejścia było efektywne znajdowanie idealnych ścieżek. Opracowano nowy algorytm, który bada całą przestrzeń rozwiązań, tworząc drzewo binarne. Dodatkowo artykuł wprowadza nowe (intuicyjne) kryteria do algorytmu optymalizacyjnego: kryteria „prostoty geometrycznej” oraz „liczby zakrętów”. Praca zawiera realistyczny (i dość trudny) przykład przypadku tworzącej pochylnię dla niepełnosprawnych ponad istniejącą drogą i zabudowaniami w bardzo ograniczonych warunkach geometrycznych.

#4. M. Zawidzki, 2016, *Optimization of Multi-branch Truss-Z based on evolution strategy*, Advances in Engineering Software 100, pp. 113-125.

Czwarta praca z cyklu siedmiu publikacji wprowadza formalny opis wielogałęziowych modularnych struktur *Truss-Z*, jak również sześć nowych operatorów modyfikujących takie struktury oraz dodatkowych funkcji, takich jak generowanie losowych struktur, naprawa zdegenerowanych struktur, transformacja liniowego genotypu w dwuwymiarową macierz, czy też ilościowe porównywanie genotypów. Tak jak i w poprzedniej pracy, artykuł zawiera realistyczny przykład wielogałęziowej modularnej konstrukcji mającej tworzyć sieć pochylni pieszo-rowerowych łączących sześć punktów w przestrzeni.

#5. M. Zawidzki, J. Szklarski, 2018, *Effective multi-objective discrete optimization of Truss-Z layouts using a GPU*, Applied Soft Computing 70, pp. 501-512.

Kolejna praca wprowadza metody analizy obrazu do oceny ilościowej wszelkiego typu kolizji z elementami otoczenia oraz auto-kolizji konstrukcji. Metoda ta umożliwia

selektywny dobór wag w różnym stopniu oceniających kolizję z np. różnymi rodzajami przeszkód otoczenia. Opracowano metodę wyliczania funkcji celu bazującej na dowolnych macierzach kosztu oraz macierzach przepływu kosztu. Zaimplementowano algorytm genetyczny kodujący sekwencje o zmiennej długości. Do algorytmu optymalizacyjnego wprowadzono dodatkowe kryteria takie jak koszty różnych robót czy aktywności. Ponadto wprowadzono strefy zakazane jak również zaimplementowano kryterium „prostoty geometrycznej”. Trzy przykłady o rosnącym stopniu realności ilustrują jakość osiągniętych wyników.

#6. M. Zawidzki, J. Szklarski, 2018, *Transformations of Arm-Z modular manipulator with Particle Swarm Optimization*, *Advances in Engineering Software* 126, pp. 147-160.

Następna praca przedstawia wstępną optymalizację strukturalną modułu *Truss-Z*, gdzie optymalizowane są równocześnie topologia modułu oraz wymiary przekrojów elementów. Przedmiotem optymalizacji nie jest jedna konstrukcja, ale wszystkie zasadniczo unikalne konfiguracje o liczbie modułów od 2 do 7. Takie sformułowanie problemu odpowiada optymalizacji „najgorszej” konfiguracji i w naturalny sposób pozwala na zrównoleglenie obliczeń. Optymalizacja topologii ma charakter dyskretny i przeprowadzona jest metodą wyszukiwania wyczerpującego. Optymalizacja poziomu niższego (względem wektora przekrojów belek) przeprowadzona jest metodą lokalnej ewolucji z adaptacyjnie zmienną definicją otoczenia: otoczenie jest dynamicznie modyfikowane w trakcie optymalizacji w taki sposób, by w miarę postępu procesu zintensyfikować przeszukiwanie w otoczeniu aktywnych ograniczeń.

#7. M. Zawidzki, Ł. Jankowski, 2018, *Optimization of modular Truss-Z by minimum-mass design under equivalent stress constraint*, *Smart Structures & Systems* 21(6), pp. 715-725.

Ostatni artykuł z cyklu siedmiu prac dotyczy drugiego chronologicznie Systemu Ekstremalnie Modularnego, użytego do tworzenia jedno-gałęziowych trójwymiarowych struktur rurowych o dowolnym kształcie z jednego rodzaju modułu o przekroju wielokąta.

Ocena: Niewątpliwie cykl prac dr. inż. Macieja Zawidzkiego stanowi oryginalną kontynuację rozwiązań przedstawionych w rozprawie doktorskiej z 2010 roku, gdzie został przedstawiony system kratownicowo-ramowy, składający się z jednego rodzaju modułu (i jego lustrzanego odbicia) umożliwiający tworzenie pochylni o stałym koncie nachylenia i dowolnym kształcie, *Truss-Z*. Po obronie doktoratu dr. inż. Maciej Zawidzki opracował kilka dodatkowych systemów składających się z jednego typu modułu i umożliwiających konstruowanie skomplikowanych struktur. Systemy te to *Pipe-Z* i jego późniejsze rozwinięcie *Arm-Z*, *składalne Pipe-Z*, *wielogałęziowe Truss-Z*, *wielogałęziowe Pipe-Z*, *Ramp-Z* oraz *Vault-Z*. Wprowadzony później termin „System Ekstremalnie Modularny” określa tego typu koncepcje konstrukcyjne. Osiągnięcie naukowe dr. inż. Macieja Zawidzkiego polega na konsekwentnym rozwoju nowatorskich koncepcji odnoszących się do układów architektonicznych i urbanistycznych przy zastosowaniu metod inteligencji obliczeniowej w ujęciu optymalizacji dyskretnej. Moja ocena osiągnięcia naukowego dr. inż. Macieja Zawidzkiego jest wysoka.

II. Istotna aktywność naukowa

Oprócz cyklu siedmiu prac stanowiących podstawę do oceny osiągnięcia naukowego dr. inż. Macieja Zawidzkiego, habilitant wykazał się istotną aktywnością naukową.

Aktywność habilitanta przejawia się w

- 1) *dotatkowych cyklach publikacji*: oprócz cyklu siedmiu prac i jednej monografii, w publikacjach habilitanta wyodrębniły się jeszcze dwa dodatkowe obszary tworzące oddzielne cykle. Pierwszy z nich dotyczył numerycznej optymalizacji funkcjonalnych planów architektonicznych i urbanistycznych. Drugi obszar dotyczył metod obliczeniowych do pasywnej i aktywnej kontroli elewacji budynku, w szczególności systemów modułarnych opartych o automaty komórkowe. Obu tym tematami habilitant poświęcił oddzielne monografie (wydane przez Springer Singapore) oraz cykle publikacji (Complex Systems, Journal of Design & Nature and Ecodynamics, Journal for Geometry and Graphics, Engineering Optimization, Journal of Cellular Automata, Advanced Engineering Informatics, Advances in Engineering Software, Acta Astronautica czy też rozdziałach w edytowanych tomach wydawanych przez Springer).
- 2) *kierowaniu międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach*: Innovative Extremely Modular Systems for temporary and permanent deployable structures and habitats: development, modeling, evaluation & optimization, 02/2017 – 01/2019, grant badawczy “Polonez 2” realizowany w IPPT PAN, finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; Effective computational methods for grid & raster-based modeling of practical problems in architectural & urban layout design, 12/2013 – 11/2015, grant badawczy finansowany przez SUTD–MIT Postdoctoral Program, realizowany w Massachusetts Institute of Technology, USA i Singapore University of Technology and Design, Singapore; Improvements of the Seniors' Quality of Life through Application of Innovative Computational Systems to the problems of Accessibility, Ergonomics and Housing & Living Environment”, 10/2011 – 09/2013, grant badawczy finansowany przez Japan Society for Promotion of Science, realizowany w Research Center for Advanced Science and Technology (RCAST), the University of Tokyo, Japonia.
- 3) *udziale i wygłoszeniu referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych*: ECT 2018: The 10th International Conference on Engineering Computational Technology, Barcelona, Spain; ICGG 2018: 18th International Conference on Geometry and Graphics, Milano, Italy; WCSMO 2017: World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimisation, Braunschweig, Germany; SMART 2017: VIII ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials, Madrid, Spain; PARENG 2017: The 5th International Conference on Parallel, Distributed, Grid and Cloud Computing for Engineering, Pécs, Hungary; CC2015: 15th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Prague, Czech Republic; 9th Energy Forum on Advanced Building Skins, Bressanone, Italy; ECT2014: 9th International Conference on Engineering Computational Technology, Naples, Italy; ICGG 2014: 16th International Conference on Geometry and Graphics, Innsbruck, Austria; CSC2013: 3rd International Conference on Soft Computing

Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering, Cagliari, Italy; ACRI 2012: the 10th International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, Santorini, Greece; CST 2012: 11th International Conference on Computational Structures Technology, Dubrovnik, Croatia; ICGG 2012: 15th International Conference on Geometry and Graphics, Montreal, Canada; WCCM 2012: 10th World Congress On Computational Mechanics, São Paulo, Brazil; CSC2011: 2nd International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering, Chania, Greece; ACRI 2010: the 9th International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, Ascoli Piceno, Italy; CST2010: 10th International Conference on Computational Structures Technology, Valencia, Spain, 14-17/9/2010; CJK-OSM6: 6th China-Japan-Korea Joint Symposium on Optimization of Structural and Mechanical Systems, Kyoto, Japan; ACADIA 2008: 28th International Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, Minneapolis, USA.

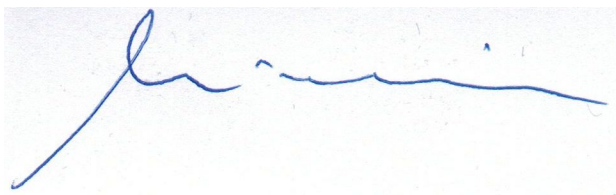
- 4) *udziale w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych*: ACADIA Conference "Ubiquity and Autonomy", 2019, The University of Texas, Austin, Texas, USA; ACADIA Conference "Recalibration: on imprecision and infidelity" 2018, Universidad Iberoamericana, Mexico City, Meksyk; ACADIA Conference „Disciplines & Disruption”, 2017, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA; ICGG 2012: the 15th International Conference on Geometry and Graphics, 2012, Montreal, Kanada; ECT2014: 9th International Conference on Engineering Computational Technology, 2014, Naples, Włochy; Przewodniczący sesji: Construction and Building Engineering. CC2015: 15th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, 2015, Prague, Czechy; CC2015: 15th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, 2015, Prague, Czechy; CC2015: 15th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, 2015, Prague, Czechy; ICGG2018: 18th International Conference on Geometry and Graphics, 2018, Milan, Włochy.
- 5) *popularyzacji nauki*: habilitant jest autorem 24 opublikowanych zgłoszeń na stronie *Wolfram Demonstrations Project*, gdzie publikowane są interaktywne aplikacje odnoszące się do całego przekroju zagadnień naukowych.
- 6) *stażach w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich*: Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, 12/2013 – 11/2014; Singapore University of Technology and Design, Singapore, 12/2014 – 11/2015; RCAST Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, Tokio, Japonia, 10/2011 – 09/2013; Ritsumeikan University, Kioto, Japonia, 09/2010 – 04/2011.
- 7) *recenzowaniu publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych*: Energy & Buildings, Elsevier; Computers & Education, Elsevier; Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, Taylor & Francis; Sustainability, Molecular Diversity Preservation International; Engineering Optimization, Taylor & Francis; Virtual Reality, Springer; Mobile Networks and Applications, Springer; Computational and Applied Mathematics, Springer; Complexity, Hindawi.

Ocena: Niewątpliwie aktywność naukową dr. inż. Macieja Zawidzkiego trzeba ocenić pozytywnie. Liczba publikacji z ostatnich 10 lat jest zadowalająca; sumaryczny *impact factor* według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 26.144, a liczba cytowań jego publikacji wynosi 49 (według bazy Web of Science) oraz 229 (według Google Scholar). Inne typy jego aktywności (udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach, popularyzacja osiągniętych wyników, udział w grantach badawczych, recenzowanie publikacji dla wielu czasopism, czy też udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych), równoważą brak udokumentowanej współpracy ze studentami (np. prowadzenie prac magisterskich) czy też brak aktywnego udziału w komitetach edytorskich czasopism.

III. Konkluzja

Dr. inż. Maciej Zawidzki wniósł znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej: Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Wkład ten polega na systematycznym (i dobrze udokumentowanym w serii publikacji) rozwojem zastosowań metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji architektonicznych Systemów Ekstremalnie Modularnych – czyli do problemów projektowania architektonicznego i urbanistycznego. System *Truss-Z* (wprowadzony w rozprawie doktorskiej habilitanta) w kolejnych latach został rozszerzony o szereg narzędzi informatycznych oraz o kilka dodatkowych jedno-modułowych systemów, które umożliwiły konstruowanie bardziej skomplikowanych struktur. To stanowi zdecydowanie istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej: Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

W podsumowaniu stwierdzam, że dorobek naukowy dr. inż. Macieja Zawidzkiego nt. *Zastosowania metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji architektonicznych Systemów Ekstremalnie Modularnych*, spełnia wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym przez obowiązującą ustawę o stopniach i tytule naukowym. Wnoszę zatem o dopuszczenie dr. inż. Macieja Zawidzkiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



Zbigniew Michalewicz